

# Plan de mobilité de l'Université



**Tome V**

**Externalités**

**Novembre 2024**



Ce volume V présente des externalités calculées pour toutes les mobilités de l'UCA. Le concept d'externalité exprime l'ensemble des effets produits lorsque l'on réalise un déplacement. Cette manière d'analyser ces effets va au-delà du bilan carbone en intégrant d'autres paramètres. Il s'agit d'une approche systémique.

## I - Qu'est-ce qu'une externalité ?

Les externalités dans le domaine des transports désignent les effets indirects, positifs ou négatifs, des activités de transport sur des tiers qui ne sont pas directement impliqués dans ces activités et sur le milieu proche ou lointain. Voici un aperçu des principales externalités :

### ➤ Externalités négatives

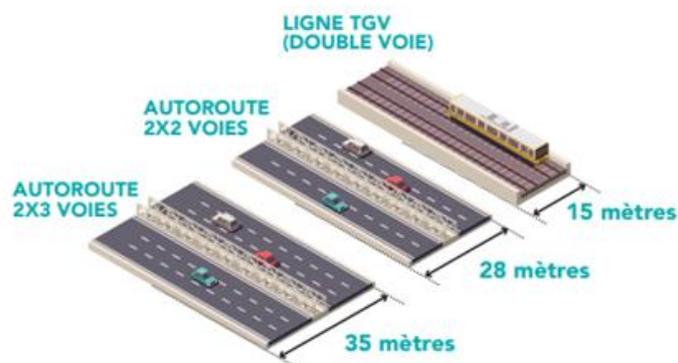
- **Pollution de l'air** : Les transports sont responsables d'une part significative des émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants, comme les particules ou les métaux lourds qui nuisent à la qualité de l'air. Cela a des conséquences sur la santé publique, avec notamment des maladies respiratoires et cardiovasculaires.
- **Congestion** : L'augmentation du nombre de véhicules sur les routes entraîne des embouteillages, ce qui provoque une perte de temps, des dépenses d'énergie supplémentaires, et une augmentation des coûts pour les usagers. Certains modèles d'externalités chiffrent le coût du temps perdu.
- **Accidents** : Les transports terrestres, aériens ou maritimes peuvent entraîner des accidents, causant des blessures ou des pertes humaines, ainsi que des dommages matériels. Différents modèles d'externalités évaluent le coût des blessés ou de la perte de vies humaines. La figure 1 exprime par exemple, le Nombre de morts pour un milliard de kilomètres parcourus.

NOMBRE DE PASSAGERS TUÉS, pour un milliard de kilomètres parcourus



**Figure 1 : Nombre de morts pour un milliard de kilomètres parcourus**

- **Bruit** : Les transports, (les routes, les voies ferrées, les aéroports), génèrent du bruit qui peut affecter la qualité de vie des riverains. Il peut perturber le sommeil, nuire à la concentration et avoir des effets néfastes sur la santé mentale. Cela engendre des coûts comme par exemple des travaux d'isolation acoustique sur les bâtiments.
- **Effets amont – aval**. Lorsque l'on se déplace avec un véhicule, il a fallu des matériaux et de l'énergie pour le produire ; il faut également de l'énergie pour le détruire et le recycler en fin de vie. Le coût de ces effets amont – aval se lisent sur la durée de vie du véhicule.
- **Consommation d'espace**. Les infrastructures consomment plus ou moins d'espace. A titre d'exemple la figure montre l'espace consommé par mode. Cet espace consommé se fait la plupart du temps au détriment d'espaces naturels ou agricoles.



Source : Guide SDDRET NA 2018.

## Figure 2 : Espace consommé selon les types d'infrastructures

- **Atteinte à la biodiversité.** Les grandes infrastructures provoquent des coupures de biodiversité empêchant ou limitant le déplacement des espèces animales ou végétales, et une surmortalité par collision notamment.
- **Contribution au changement climatique.** Les différents polluants contribuent au changement climatique, certains modes ayant plus de conséquences que d'autres.

### ➤ Externalités positives

- **Accessibilité, Amélioration de la connectivité :** Un bon réseau de transport améliore l'accès aux services, aux emplois et aux loisirs, favorisant ainsi le développement économique et social.
- **Dynamisme économique :** Les infrastructures de transport peuvent stimuler l'économie locale en facilitant le commerce et le tourisme.
- **Réduction des inégalités :** Un système de transport public efficace peut réduire les inégalités en offrant des options de mobilité aux personnes sans voiture.  
Maladies évitées
- **Bénéfices sur la santé.** Les modes dits actifs (marche, vélo) permettent d'améliorer l'état de santé d'un individu. Ces externalités se mesurent en maladies évitées (diabète, AVC etc).

- **Développement durable** : Les systèmes de transport en commun, comme les tramways et les métros, peuvent réduire la dépendance à la voiture, diminuer les émissions de carbone et encourager des modes de vie plus durables.
- **Revitalisation des quartiers** : L'amélioration des infrastructures de transport peut contribuer à la revitalisation des quartiers en rendant ces zones plus accessibles et attrayantes pour les entreprises et les résidents.

La gestion des externalités dans les transports est essentielle pour maximiser les bénéfices tout en minimisant les impacts négatifs. Cela peut impliquer des politiques publiques comme la taxation des émissions, l'investissement dans les infrastructures de transport durable, ou la promotion de modes de transport alternatifs comme le vélo ou les transports en commun. En intégrant ces externalités dans la planification des transports, les gouvernements peuvent contribuer à un avenir plus durable et équitable.

A l'échelle d'une université avoir conscience des externalités dans le secteur des transports, peut permettre de mettre en œuvre des stratégies spécifiques.

Par exemple :

- Promouvoir des transports en commun
- développer les infrastructures pour les modes de transport actifs : Aménager des pistes cyclables et des trottoirs sûrs sur les campus encourage les déplacements à pied et à vélo, réduisant la dépendance à la voiture.
- Mettre en place des règles environnementales : limitation de l'usage de certains modes générateurs d'externalités négatives, mise en œuvre de baromètres individuels.

## II – Comment calculer des externalités ?

Il n'est pas simple de comparer des décibels, des accidents ou des gaz à effet de serre. Pour cela on transforme chaque paramètre en le monétarisant. Les externalités sont donc exprimées en euros par voyageurs.kilomètres.

De nombreuses études sont menées dans ce domaine à l'échelle européenne en produisant, selon les paramètres, les échelles ou les types de territoires considérés des résultats qui peuvent donner des chiffres légèrement différents ; les études ne prennent pas en compte non plus toujours tous les modes. Cependant, les ordres de grandeurs sont toujours identiques.

Afin de réaliser les calculs du PDMe UCA, il a été choisi deux études, une à caractère scientifique, l'autre issue d'une agence de l'Etat (ADEME). Les références de ces études figurent en note de bas de page<sup>1</sup>.

Le tableau (figure 3) compare les résultats de ces deux études.

L'étude « Europe » a été choisie sauf pour les transports aériens qui n'y figurent pas ; ce sont donc pour ce mode les chiffres « ADEME » qui ont été pris en compte.

Le graphique (figure 4) détaille la nature des externalités prises en compte.

Seules les externalités négatives ont été prises en compte ; le calcul des externalités positives sont infiniment plus complexes et ne reposent pas aujourd'hui sur des modèles scientifiquement suffisamment aboutis et fiables.

---

<sup>1</sup> <https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/4017-infographie-sur-les-externalites-geneeres-par-les-mobilites-touristiques-en-france.html>

Activemobility versus motorized transport? User choices and benefits for the society E. Pisoni <sup>a,\*</sup>, P. Christidis <sup>b</sup>, E. Navajas Cawood <sup>b</sup>

Mode	Externalités en c€ par voyageur.kilomètre	Etude "Europe"	Etude "Ademe"
Marche		0,5	x
Métro		1	x
Vélo		1,2	x
Train		2,4	2
Tram		2,7	3,2
Bus		3	2,9
Voiture		8,5	8,3
Moto		24,7	x
Avion long courrier		x	1,3
Avion moyen et court courrier		x	3,2

Figure 3 : Externalités par mode selon les sources mentionnées

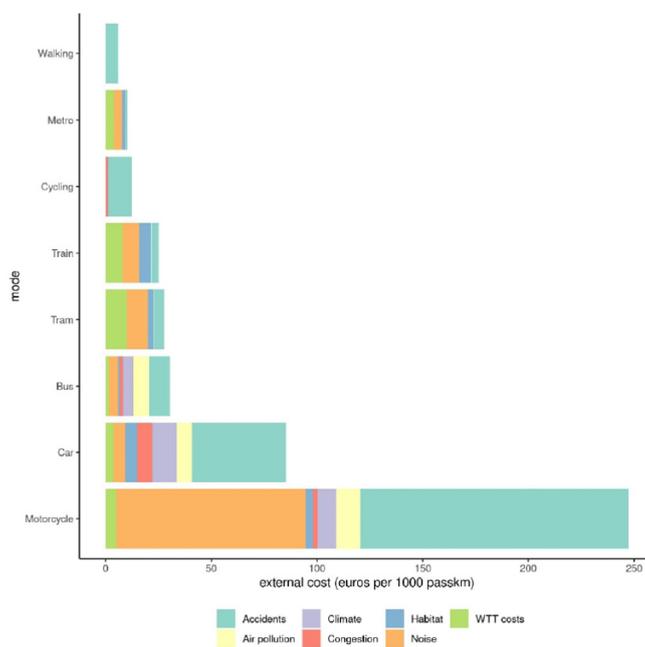


Figure 4 : Coûts externes moyens par mode de transport – moyenne 27 pays de l'UE

## II – Externalités du quotidien

Ce calcul prend en compte la résidence et le lieu de travail des salariés. A partir de cette approche, une modélisation basée sur les itinéraires a été réalisée<sup>2</sup>. Cette démarche permet de produire, une modélisation des déplacements pendulaires induits sur le réseau routier par les trajets domicile-travail des personnels de l'UCA. Les distances obtenues pour cette modélisation ont également servi de base de travail pour les calculs d'émission carbone liés aux déplacements domicile-travail du BEGES. Les chiffres annuels obtenus tiennent compte du statut de l'agent (BIATSS/ENSEIG) et du télétravail.

Néanmoins, cette démarche présente une limite : il restera difficile de connaître l'itinéraire réellement effectué par chaque individu, d'autant plus que pour les modes routiers le changement de plan de circulation de la ville de Clermont-Ferrand et les travaux, modifient les habitudes de déplacements des usagers et encouragent aux longs détours sur des axes secondaires pour perdre moins de temps dans les embouteillages, cette pratique étant elle-même encouragée par les autorités quand elles recommandent l'utilisation de Waze. Cependant, l'important est de retenir des ordres de grandeur en ce qui concerne la répartition modale de ces déplacements.

Le tableau (figure 5) présente les résultats de l'ensemble des mouvements des salariés de l'UCA pour leurs déplacements domicile-travail.

Les déplacements proches ont été considérés comme quotidiens, ceux très éloignés ont été considérés comme hebdomadaires.

21 millions de kilomètres sont parcourus par les agents soit environ 67 % de l'ensemble des déplacements UCA.

La part de la voiture est très importante et génère 65,6 % des externalités.

Vient en second le train qui génère beaucoup de kilomètres mais seulement 20,7 % des externalités.

---

<sup>2</sup> Pour plus de précisions méthodologiques et les détails des calculs, le lecteur se reportera au tome IV – Atlas des personnels.

Les autres modes sont marginaux. Notons toutefois, l'importance des mobilités actives (marche & vélo) qui au niveau local représentent 4,8 % des kilomètres parcourus, mais seulement 0,46 des externalités.

A l'opposé la moto, faiblement utilisée en termes de kilomètres est extrêmement génératrice d'externalités.

Mode	Km du quotidien (Distance annuelle)	%	Km du hebdomadaires Distance (annuelle)	%	Total (Distance annuelle)	%	Base d'externalités en Ct d'€ par P.km	Externalités en €	%
Voiture	7030163	55,3	1662726	19,1	8692889	40,6	8,5	73889557	65,57
Covoiturage	1036084	8,2	356726	4,1	1392810	6,5	8,5	11838885	10,51
Moto	11058	0,1			11058	0,1	24,7	273133	0,24
Car	315572	2,5	292513	3,4	608085	2,8	3	1824255	1,62
Bus et tramway	389747	3,1			389747	1,8	2,7	1052317	0,93
Train	3319770	26,1	6389788	73,4	9709558	45,4	2,4	23302939	20,68
Mobilité active	605267	4,8			605267	2,8	0,85	514477	0,46
Totaux	12707661	100	8701753	100	21409414	100	.....	112695562	100

Figure 5 : Déplacements du quotidien, kilomètres et externalités par mode

## II – Externalités à la l'échelle de la France métropolitaine

L'analyse des voyages effectués par le personnel de l'UCA en France repose sur les ordres de missions demandés. Il s'agit donc de chiffres planchers car il est probable qu'une partie du personnel ait réalisé des déplacements sans ordre de mission. Cette part est impossible à estimer. Les résultats présentés comportent donc cette marge d'incertitude.

2,7 millions de kilomètres sont réalisés avec différents modes de transport soit 8,5 % de l'ensemble des déplacements.

La voiture pèse lourd dans ces déplacements en termes de kilomètres (58,7 %) et de surcroît comme mode polluant presque les trois quarts des externalités générées (Figure 6 & 7).

A l'opposé le train qui représente 35,6 % des déplacements ne pèse que 21,4 % des externalités.

Dans le cadre de la politique de développement durable de l'université, il conviendra de définir des orientations afin de faire régresser cette part élevée de la voiture que ce soit l'utilisation des véhicules de service ou personnels.

Du fait d'une politique de contingence des vols intérieurs en avion, ils ne représentent plus de 3,2 % des kilomètres.

Les externalités retenues ne prennent pas ici l'impact des trainées de condensation qui augmentent l'impact de l'avion car pour l'instant les modèles d'externalités les intégrant ne sont pas encore assez précis<sup>3</sup>.

Moins polluant que la voiture, mais plus que le train, il pourra être intéressant de s'interroger sur les mesures qui peuvent être prises :

- Statut quo en limitant les vols là où plus 5 heures de train sont nécessaires ;
- Augmentation de cette limite.

Pour avoir une connaissance fine de ces vols résiduels, il a été dressé dans le cadre de cette étude un récapitulatif de ces vols résiduels par destination. Ils figurent en annexe 1.

---

<sup>3</sup> Les trainées de condensation, se forment à haute altitude à la sortie des réacteurs si l'air environnant est suffisamment froid et humide. Elles sont liées à la condensation de la vapeur d'eau émise par les moteurs autour de noyaux de condensation présents dans les suies et les gaz de combustion. Ces trainées ne sont pas anodines et peuvent parfois persister pendant plusieurs heures, couvrant une partie non négligeable du ciel : on parle alors de cirrus d'altitude induits qui sont des nuages très fins, couvrant de grandes surfaces. Les trainées persistantes et les cirrus induits accentuent le réchauffement climatique ; ils absorbent une partie du rayonnement provenant de la Terre et le réémettent vers le sol, tout en étant trop fins pour avoir un effet d'albédo qui pourrait contrebalancer ce réchauffement. Si leur impact est difficilement quantifiable avec précision, on estime généralement que cela doublerait le forçage radiatif de l'aviation

Mode	Nbre de voyages	%	Nbre de Km	%	Base d'externalités en Ct d'€ par P.km	Externalités en €	%
Train	1651	35,67	1270792	47,12	2,40	3049900,8	21,38
Véhicule administratif	498	10,76	294557	10,92	8,50	2503734,5	17,55
Vol intérieur	148	3,20	107987	4,00	3,20	345558,4	2,42
Voiture personnelle & covoiturage	111	2,40	59762	2,22	8,50	507977	3,56
Flixbus	81	1,75	59160	2,19	3,00	177480	1,24
Location de véhicule	78	1,69	56701	2,10	8,50	481958,5	3,38
Véhicule administratif & covoiturage	89	1,92	25498	0,95	8,50	216733	1,52
Voiture personnelle	1920	41,48	813343	30,16	8,50	6913415,5	48,45
Location de véhicule & covoiturage	15	0,32	5218	0,19	8,50	44353	0,31
Taxi	4	0,09	2507	0,09	8,50	21309,5	0,15
Autocar	11	0,24	703	0,03	3,00	2109	0,01
Ferry	7	0,15	478	0,02	6,00	2868	0,02
RER	4	0,09	213	0,01	2,40	511,2	0,00
bus	12	0,26	192	0,01	3,00	576	0,00
<b>Total</b>	<b>4629</b>	<b>100,00</b>	<b>2697111</b>	<b>100,00</b>	<b>.....</b>	<b>14268484,4</b>	<b>100,00</b>

Figure 6 : Déplacements à l'échelle française, kilomètres et externalités par mode

Somme voiture					
Voyages	%	Km	%	Externalités	%
2715	58,65	1257586,00	46,63	10689481,00	74,92

Figure 7: Déplacements à l'échelle française, kilomètres et externalités voiture

## II – Externalités à la l'échelle mondiale

A l'échelle mondiale, l'analyse des voyages effectués par le personnel de l'UCA repose sur les ordres de missions demandés. A la différence des déplacements effectués en France métropolitaine, il est peu probable qu'une partie du personnel ait réalisé des déplacements sans ordre de mission.

Les déplacements dans le monde représentent 24,4 % des kilomètres produits par le personnel de l'UCA.

L'avion représente 90 % des kilomètres générés (figure 8). Les autres modes traduisent des déplacements terminaux principalement en train (6,3 %).

Les déplacements en avion (1700 vols internationaux) sont difficilement évitables à l'échelle intercontinentale, ils le sont lorsqu'il s'agit de pays d'Europe proches de la France où le train devrait être privilégié. On notera par exemple 143 vols vers l'Espagne ou 135 vers l'Italie.

Figurent en annexe 2, le détail des vols par pays.

Mode	Distance en Km	%	Base externalités en Ct d'€ par p.km	Externalité en €	%
Bateau	16090	0,2	6	96542	0,8
Transports urbains	12106	0,2	2,7	32687	0,3
Car ou navettes	105650	1,3	3	316949	2,6
Taxi	848	0,0	8,5	7209	0,1
Train	495097	6,3	2,4	1188233	9,9
Voiture ou covoiturage	139336	1,8	8,5	1184359	9,9
Avion	7065996	90,2	1,3	9185795	76,5
<b>Total</b>	<b>7835124</b>	<b>100</b>	.....	<b>12011774,5</b>	<b>100</b>

**Figure 8 : Déplacements à l'échelle mondiale, kilomètres et externalités par mode**

Une cartographie des déplacements en avion a été réalisée afin de spatialiser l'organisation de ces flux (figures 9 à 11).

La figure 9 à l'échelle monde et Europe, montre des flux qui se diffusent sur toute la planète avec des destinations fortes comme les Etats-Unis ou la Nouvelle Calédonie.

La figure 10 présente les parcours avec d'autres modes dans les différents pays en complément des vols.

La figure 11 zoome sur la France. On se rend compte du poids extrêmement important des vols Clermont-Paris en correspondance avec des vols internationaux.

Dans le cadre du plan de mobilité, une réflexion sera à engager afin de réduire l'impact de ces vols via des transferts modaux vers le train.

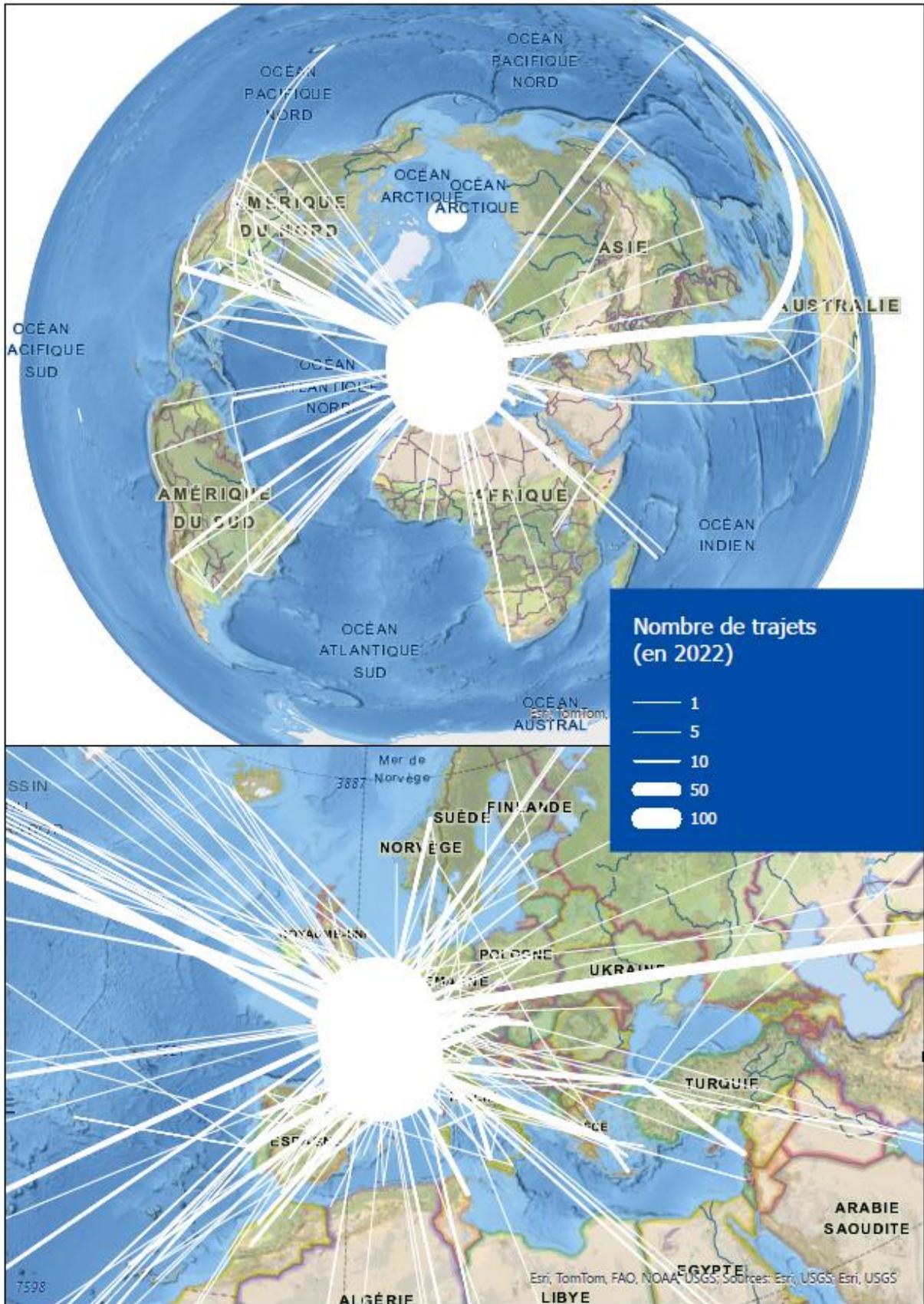
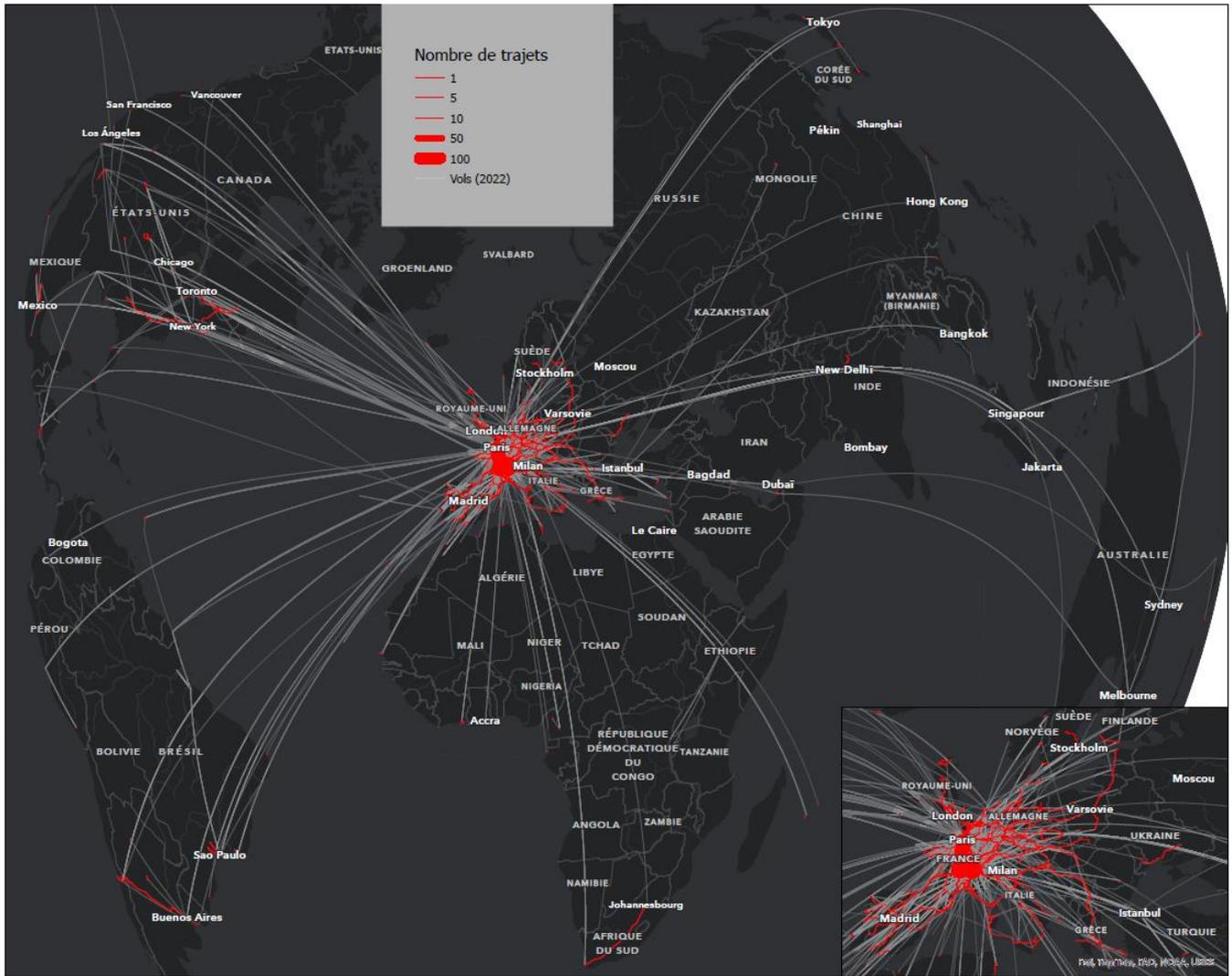


Figure 9 : Flux aériens échelles monde & Europe



**Figure 10 : parcours avec d'autres modes dans les différents pays en complément des vols**



Figure 11 : Flux aériens échelle France métropolitaine

## Annexe I : Vols nationaux par destination

### Vols du personnel, intérieurs hors DOM - TOM

Trajets	Nombre	Aéroport de transit	Trajets en correspondance	Nombre	Destination finale	Distance par vol	Distance totale	Distances Clermont-Paris
CFE_CDG (au départ de Clermont)	120	CDG	CDG_BES	8	Brest	516	4131	21685
			CDG_BIQ	2	Biarritz	691	1382	
			CDG_BOD	4	Bordeaux	527	2108	
			CDG_LIL	4	Lille	177	708	
			CDG_NCE	22	Nice	694	15268	
			CDG_NTE	6	Nantes	372	2231	
			CDG_PUF	2	Pau	666	1332	
			CDG_RNS	4	Rennes	332	1330	
			CDG_TLS	8	Toulouse	604	4834	
			Total destinations France intérieure	60		33324		
			Total destinations DOM-TOM	48			17348	
<b>Vols secs Paris</b>			<b>12</b>	<b>Paris</b>		<b>4337</b>		
CFE_ORY (au départ de Clermont)	2	Orly	ORY_NCE	2		675	1349	664

### Vols des invités, intérieurs hors DOM - TOM

Trajets	Nombre	Départ destination	Trajets en correspondance	Nombre	Aéroport de transit	Distance par vol	Distance totale	Distances Clermont-Paris			
CDG_CFE (arrivée à Clermont)	32	CDG	BES_CDG	8	CDG	516	4131	10842			
			Genève_GVA_CDG	2		408	816				
			Lyon_LYS_CDG	2		412	824				
			Montpellier_MPL_CDG	2		613	1227				
			Nice_NCE_CDG	4		694	2776				
			Nantes_NTE_CDG	6		372	2231				
			Pau_PUF_CDG	4		666	2665				
			Toulouse_TLS_CDG	2		604	1209				
			Total départ France intérieure	30			15878				
			<b>Paris</b>	<b>2</b>		<b>Vols secs Paris</b>				<b>723</b>	

### Vols transversaux France métropolitaine du personnel

Vols transversaux	Nombre	Départ destination	Trajets directs transversaux	Nombre	Destination finale	Distance par vol	Distance totale
	12	Lyon	LYS_NTE	2	Nantes	538	1076
			LYS_RNS	2	Rennes	580	1160
			LYS_SXB	6	Strasbourg	368	2209
			LYS_XCR	2	Paris Vatry	346	692
			NTE_MRS	2	Marseille	676	1352
							6488

### Vols du personnel vers la Corse

Cas particulier Corse et Cargèse (UAR 820)	Nombre	Départ destination	Trajets directs transversaux	Nombre	Destination finale	Distance par vol	Distance totale
	30	Clermont-Fd	CFE_AJA	24	Ajaccio	624	14976
		Marseille	MRS_AJA	2	Ajaccio	339	677
		Genève	GVA_AJA	4	Ajaccio	526	2102

### Vols du personnel vers les DOM - TOM

Trajets	Nombre	Aéroport de transit	Trajets en correspondance	Nombre	Destination finale	Distance par vol	Distance totale	Distances Auvergne-Paris
AUR_ORY (au départ d'Aurillac)	2	Orly	ORY_CAY	12	Cayenne	7082	84985	851
CFE_ORY (au départ de Clermont)	20		ORY_PTP	10	Pointe-à-Pitre	6757	67570	
			ORY_RUN	6	Réunion	9337	56023	
			Total DOM-TOM	28		208579		
CFE_CDG (au départ de Clermont)	48	CDG	CDG_CAY	6	Cayenne	7107	42640	17 348
			CDG_SIN	38	Singapour	10729	407684	
			CDG_NRT	4	Tokyo	9734	38936	
			Total DOM-TOM	48		489260		

## Vols invités DOM - TOM

Trajets	Nombre	Départ destination	Trajets en correspondance	Nombre	Aéroport de transit	Distance par vol	Distance totale	Distances Auvergne-Paris
ORY_CFE (arrivée à Clermont)	4	Cayenne	CAY_ORY	4	Orly	7082	28328	1328

## Vols du personnel entre DOM - TOM

Vols transversaux	Nombre	Départ destination	Trajets directs transversaux	Nombre	Destination finale	Distance par vol	Distance totale
	46	Pointe-à-Pitre	PTP_FDF	2	Fort de France	194	387
Fort-de-France		FDL_CAY	2	Cayenne	1437	2873	
Tokyo		NRT_NOU	4	Nouméa	6950	27802	
Singapour		SIN_NOU	38	Nouméa	7228	274675	
						305738	

## Annexe I : Vols internationaux par destination

Pays	Nombre de vol	Distance en K
Etats-Unis	182	1376846
Canada	96	710481
Nicaragua	60	346202
Espagne	143	320947
Brésil	49	304338
Mexique	38	283565
Chili	14	212046
Australie	16	197530
Afrique du Sud	26	187760
Liban	56	172944
Grèce	79	169751
Italie	135	161187
Guadeloupe	16	139681
Pérou	14	133834
Norvège	54	128471
Japon	14	124277
Portugal	46	122387
Argentine	15	119353
Maroc	36	115632
Réunion	7	112379
Royaume-Uni	59	102208
Irlande	52	94740
Suède	40	88957
Sénégal	18	85870
Thaïlande	8	78566
Equateur	8	74859
Autriche	38	64792
Côte d'Ivoire	12	62986
Cameroun	8	62544
Emirats Arabes Unis	6	59930
République Démocratique du Congo	8	57269
Hongrie	24	52759
Cap-Vert	12	52746
Allemagne	40	50730
Tunisie	18	44428
République Tchèque	26	43004
Vanuatu	10	41747
Turquie	14	40329
Guatemala	4	38533
Cuba	6	34776
Mongolie	6	34272
Finlande	22	33098
Islande	10	32544
Pologne	25	32198
Danemark	18	26900
Inde	2	26310
Djibouti	6	25964
Lettonie	6	20119
Belgique	20	18762
Pays-Bas	16	18569
Lituanie	8	16485
Bulgarie	4	14243
Croatie	6	13327
Roumanie	4	13216
Israël	4	11912
Algérie	6	10982
Slovaquie	6	10960
Slovénie	4	9943
Suisse	10	9683
Luxembourg	12	7630
Estonie	2	7495
<b>Total général</b>	<b>1704</b>	<b>7065996</b>